

LOS MAMÍFEROS MARINOS ANTE EL CAMBIO AMBIENTAL EN EL PACÍFICO TROPICAL MEXICANO
PÁG: 8



LOS GOODEIDOS, UN TESORO BIOLÓGICO Y EVOLUTIVO EN GRAVE RIESGO DE DESAPARECER
PÁG: 12



NÚM. 75 NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 2007 ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

EL ZAPOTAL

Recorrer las brechas y caminos de El Zapotal puede resultar una experiencia contradictoria. Al amanecer y al ocaso, nace y vibra una ubicua maraña sonora, tejida por más de 200 especies de aves; pero en las horas intermedias, se alternan largos momentos de silencio, calor húmedo y aparente vacío, con súbitos brotes de actividad. Algún venado o una piara de jabalíes, tomados por sorpresa, huyen rompiendo ruidosamente la calma. Quizás un pavo ocelado o un hocofaisán corra un tramo corto y emprenda el vuelo con su gran musculatura pectoral. Gritos de monos o coatíes crean conmoción de alarma en los árboles, y una familia de urracas yucatecas grazna tajantemente. Nadie está seguro en esta tierra donde habitan las cinco especies de felinos silvestres de Yucatán. Es territorio del mítico y legendario *Balam* ("el que se oculta"), del poderoso *Chac mo'l* ("huella roja"), del sagrado sol nocturno de los mayas, digno primo del tigre, el león y el leopardo. Pieza clave de esta selva, y de sus ecosistemas con los que ha evolucionado por más de 800 mil años, el jaguar (*Panthera onca*) es el premio mayor de los avistamientos.

Foto: © PPY/FWZ/IE-UNAM

Juan Carlos Faller-Menéndez*

El Área Natural Protegida El Zapotal conservación privada en Yucatán

El estado de Yucatán tiene un elevado índice de degradación en sus ambientes, se calcula que más de 60% de su superficie se encuentra bajo algún tipo de uso humano, principalmente la agricultura y la ganadería, y que apenas queda 2.5% de selva inalterada. En contraste, menos de 8% de su territorio se encuentra bajo algún tipo de protección legal. En esta pequeña porción de la península yucateca, 60 347 hectáreas corresponden a la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos (RBRL), principal sitio de anidación del flamenco mexicano (*Phoenicopterus ruber*) y uno de los más importantes del mundo para la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*). En esta región, vital para muchas aves migratorias de Norteamérica, se han registrado 373 especies de aves, 155 de las cuales son migratorias y 22 residentes-migratorias.

En 2002, para mitigar la fuerte presión que la frontera agropecuaria ejerce sobre Ría Lagartos, se creó la reserva privada El Zapotal con 2358 hectáreas en una zona que contiene una de las últimas porciones de selva mediana bien conservada de Yucatán. Situada en la parte nororiental de la península, la superficie de esta Área Natural Protegida pertenece al municipio yucateco de Tizimín y colinda con la porción sureste de la RBRL. Sus coordenadas son: 21° 20′ 25″ latitud Norte y 87° 36′ 20″ longitud Oeste.



Cuerpos de agua temporales en El Zapotal.
Foto: © Juan Carlos Faller/PPY



Ubicación geográfica de la reserva privada de El Zapotal, Yucatán.

Las tierras que conforman El Zapotal estuvieron dedicadas a la ganadería extensiva y a la extracción de madera durante más de tres décadas. La parte septentrional es un área sumamente pedregosa, por lo que sólo las tierras meridionales de la propiedad fueron utilizadas como potreros. Esto permitió que, a pesar de las décadas de explotación ganadera, subsistieran manchones de selva bien conservada. Hecho que fue corroborado en nuestras primeras visitas de inspección, cuando calculamos al menos 20 especies de orquídeas en el sitio, así como una intrincada variedad de ecosistemas en una extensión sumamente modesta: selva baja inundable, selva mediana subperennifolia, sabanas, cenotes y aguadas.

El nacimiento del área protegida

La adquisición de El Zapotal se debió más a razones estratégicas para conservar hábitat representativos, que a la evidencia sobre la riqueza intrínseca de su biodiversidad y fue resultado de tres procesos. El primero fue el análisis que, al interior de Pronatura Península de Yucatán, A.C. (PPY), culminó con la adopción de la estrategia de conservación directa de tierras privadas y sociales mediante la implementación de herramientas legales; es decir, la firma de contratos con validez legal entre PPY y los dueños de las tierras. El segundo, la selección del sitio piloto, ya que El Zapotal era uno de entre dos docenas de predios dispersos por toda la geografía peninsular. Los criterios se basaron, principalmente, en el valor estratégico de cada sitio, sus atributos biológicos, su importancia para la conservación de ecosistemas prioritarios, así como la oportunidad del costo-beneficio.

Finalmente, fue el tercer proceso el que permitió obtener los recursos necesarios para adquirir El Zapotal. Gracias al apoyo de la organización privada estadounidense The Nature Conservancy (TNC), PPY inscribió su propuesta de adquisición al Programa México del Acta de Conservación de Humedales de Norteamérica (NAWCA, por sus siglas en inglés), la cual fue aprobada en los meses finales de 2001 por el Consejo respectivo (NAWCC, también en inglés). La compra de los cinco predios individuales que conformarían El Zapotal se concretó durante el primer semestre de 2002, y representa uno de los primeros casos en la Península de Yucatán en que una organización civil adquiere un predio con fines de conservación.

Un paso importante en la consolidación del compromiso de largo plazo, que PPY tiene con el sitio, se consumó cuando en junio de 2006 la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) reconoció a El Zapotal como "Área de Conservación" con vigencia "a perpetuidad", mediante el certificado CONANP-29/2006.

Los hallazgos en El Zapotal

Desde que compró el predio, PPY desarrolla y promueve, en colaboración con la academia, la investigación en El Zapotal. En uno de los primeros estudios sobre vegetación, realizado por el Centro de



Orquídea *sak' ukumlol* o flor de pluma blanca (*Rhyncholaelia digbyana*).
Foto: © Juan Carlos Faller/PPY

Investigación Científica de Yucatán (CICY), se encontró que alrededor del 15% de la flora registrada era endémica de la península. En 2004, los investigadores de este centro concluyeron que "El Zapotal, dadas las características biológicas observadas, constituye un área de conservación e investigación de importancia relevante [y] representa un área de sumo interés desde el punto de vista de los estudios ecológicos, [pues cuenta] con diversas comunidades vegetales tanto perturbadas como no perturbadas, [ofreciendo] una amplia gama de posibilidades para el desarrollo de estudios relacionados con la sucesión, o bien con estudios de productividad entre otros, sólo por mencionar un par de líneas de investigación que se pueden ligar a problemas ambientales como el cambio global".

A mediados de este año, PPY obtuvo recursos para restaurar 400 hectáreas en El Zapotal. Esto abrió otro abanico de posibilidades para la investigación, y representa una excelente oportunidad para estudiar los efectos del cambio climático en las selvas peninsulares.

En nuestra reserva, los estudios realizados han permitido identificar muchas especies que constituyen una parte importante de la riqueza biológica de la zona. Actualmente, el listado incluye 25 especies de orquídeas, lo que según algunos expertos es un caso notable para el norte de la península. Dos de las especies encontradas (*Campylocentrum pachyrrhizum* y *C. poeppigii*) son nuevos registros en el estado de Yucatán.

Por otro lado, es bien conocida la importancia de la región noreste de la península como parte de las grandes rutas migratorias de Norteamérica hacia Centro y Sudamérica. Sin embargo, apenas ahora se está profundizando en sus características. En ello están contribuyendo El Zapotal y PPY, ya que en 2006 se inició un proyecto de largo plazo de monitoreo de aves. El listado actual contiene más de 215 especies, 20% de las cuales son migratorias.

También sobre la avifauna se tienen registros de las cuatro especies de zopilote de la península (incluido el zopilote rey, *Sarcoramphus papa*). Además, ocho especies de colibríes (incluido el único migratorio que llega a la península, el colibrí garganta rubí, *Archilochus colubris*), nueve de pájaros carpinteros, tres de trogones, tres de martín pescador, dos de tucanes y más de quince especies de rapaces, entre las que destacan concentraciones importantes (grupos de hasta veinte individuos) del milano tijereta, *Elanoides forficatus*.



Zopilote rey (*Sarcoramphus papa*).
Foto: © David Simá/PPY





Ubicada en el extremo norte de la Península de Yucatán, la región de El Zapotal es el actual límite septentrional del rango de distribución de algunas especies de aves, como el zopilote rey y el pavo ocelado (*Meleagris ocellata*), pero también de algunos mamíferos como el mono aullador negro (*Alouatta pigra*).

Estudio de felinos

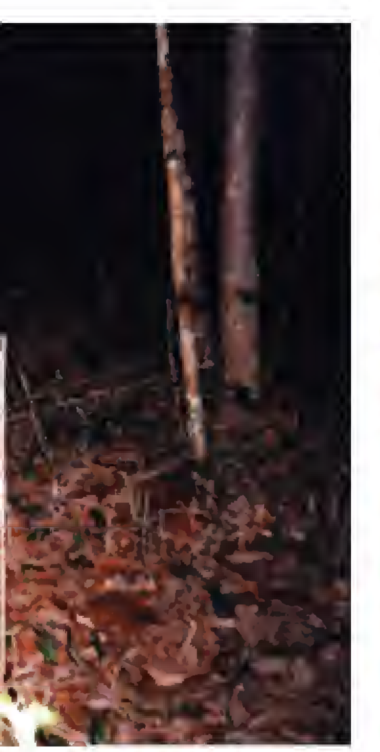
El uso de cámaras automáticas, tanto fotográficas como de video, para estudiar las poblaciones de felinos ha permitido obtener algunos de los resultados más espectaculares en El Zapotal. En 2004, PPY junto con el Instituto de Ecología de la UNAM y el Zoológico de Fort Worth, Texas, iniciaron un estudio sobre la población de jaguares en la región. Desde entonces, se han identificado dentro del Área de Conservación ocho individuos de jaguar (*Panthera onca*). Entre 2004 y 2005, el total de jaguares registrados fue de tres individuos, pero en los doce meses transcurridos entre junio de 2006 y junio de 2007 fueron fotografiados o video-filmados seis individuos. También se obtuvieron registros fotográficos de las otras cuatro especies de felinos silvestres de la península: puma (*Puma concolor*), jaguarundi (*Puma yaguarondi*), ocelote (*Leopardus pardalis*) y tigrillo (*L. wiedii*).

Un logro particularmente interesante de este proyecto, desarrollado en colaboración con la iniciativa privada (el prototipo de video-filmadora automática lo diseñó e instaló el Grupo DIC), fue la filmación, el 20 de Noviembre de 2006, de una pareja de jaguares apareándose, lo que constituye una de las primeras experiencias de su tipo.

Segun resultados preliminares de nuestro estudio, la densidad de jaguares en la región podría ser alrededor de tres individuos por cada 100 km^2, lo cual es comparable con lo reportado en el sur de la península. Por otro lado, la similar frecuencia con la que se han fotografiado pumas y jaguares sugiere que las densidades de ambas especies son parecidas. De lo que no cabe duda es que esta concentración de grandes felinos difícilmente la hubiéramos imaginado hace algunos años, antes del uso de las cámaras automáticas.

Todas las funciones vegetativas de la orquídea *Campylocentrum pachyrrhizum*, son efectuadas por las raíces.

Foto: © León Ibarra









Registros automáticos en fotografía de un puma y un jaguar, y dos fotogramas del video de una pareja de jaguares en El Zapotal.

Fotos: © PPY/FWZ/IE-UNAM
Fotogramas: © PPY/Lago-Hernández

OCASIONES DE CAPTURA*
Herramientas utilizadas: cámaras fotográficas y de video automáticas.
Sitio: Porción oriental de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos y su zona de influencia.

INDIVIDUO	SEXO	AÑO 2004	AÑO 2005	AÑO 2006	AÑO 2007	TOTAL
Francisco	M	8	2	0	0	10
Joann	F	1	0	0	1	2
Jaguar 2	M	2	0	5	2	9
Jaguar 3	M	2	4	0	0	6
Jaguar 4	¿?	1	0	0	0	1
Jaguar X	M	1	5	0	0	6
Jaguar Y	M	0	0	14	4	18
Jaguar Z	M	0	0	1	0	1
Alfonsina	F	0	0	1	0	1
Jaguar 5	M	0	0	0	1	1
TOTALES:		**15**	**11**	**21**	**8**	**55**

*Evento de captura de imagen. Si se trata del mismo individuo, deben haber transcurrido más de 24 horas entre tomas sucesivas para ser considerada una ocasión de captura adicional.

Registros de individuos de jaguar (*Panthera onca*) en el Área de Conservación El Zapotal y su zona de influencia.

¿Buenas o malas noticias?

La abundancia de depredadores podría indicar una base saludable de presas, pero también puede ser el aviso de algún desequilibrio en la región por la pérdida de hábitat. A reserva de un análisis más detallado sobre las distintas metodologías y cantidades de esfuerzo empleadas en cada una de las temporadas de campo, habrá que considerar los efectos de dos sucesos que están marcando la historia reciente de la región: el paso de los huracanes Emily y Wilma en 2005 (especialmente el último, que alcanzó categoría 5 y permaneció cerca de 72 horas sobre la región), y los incendios forestales de 2006, en los que se consumieron más de 70 mil hectáreas de un total aproximado de 400 mil que conforman la matriz de selvas tropicales y sabanas que ocupa la punta nororiental de la Península de Yucatán, en cuyo vértice noroeste se encuentra El Zapotal.

La importancia de El Zapotal

Ante la magnitud de las trasformaciones antropogénicas regionales y globales, la importancia de El Zapotal, y de sitios similares, como hábitat o refugio de fauna amenazada o en peligro de extinción es evidente. Ésta se multiplica ante la disponibilidad permanente de un elemento esencial: agua dulce.

Por la topografía de la península, caracterizada por relieves planos o casi planos, la región donde se sitúa nuestra Área de Conservación es parte de una plataforma caliza en la que no existen corrientes superficiales de agua. Ésta se filtra formando un manto freático de poca profundidad, compuesto por corrientes subterráneas, cenotes (cuerpos permanentes de agua dulce) y aguadas (cuerpos temporales de agua dulce). A escasos doce kilómetros de la línea costera, el manto freático en El Zapotal se encuentra muy cerca de la superficie, por lo que hay una gran cantidad de cuer-



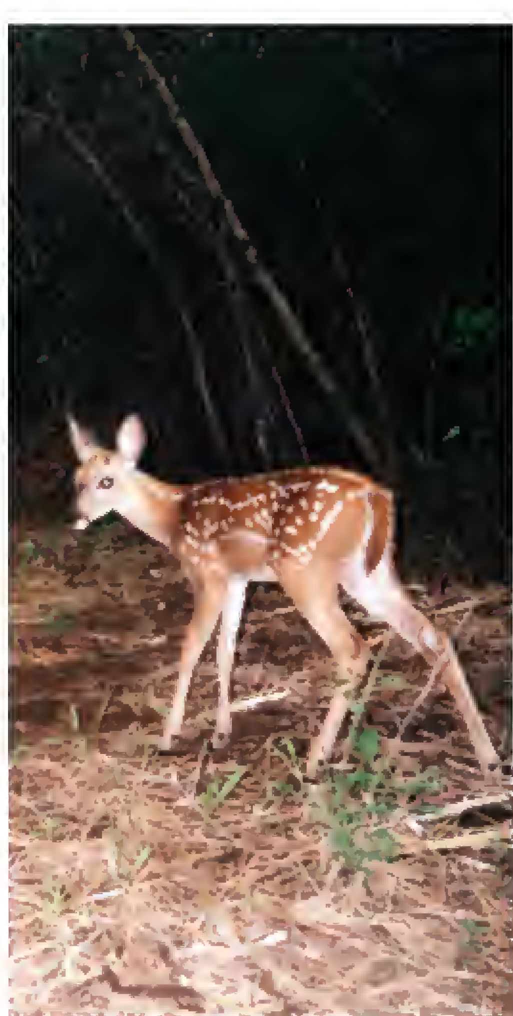
En esta imagen de satélite se observan espesas nubes de humo, producto de incendios forestales que asolaron en mayo de 2006 la parte nororiental de la Península de Yucatán. Estos bosques fueron dañados por el huracán Wilma en octubre de 2005.



Instalación de equipos de registro fotográfico automático.

Fotos: © Juan Carlos Faller/PPY





pos de agua dulce, tanto permanentes como temporales. Usando fotografías aéreas hemos contado hasta 100 de ellos.

Todo ello hace de El Zapotal un sitio invaluable para la conservación de la biodiversidad del estado de Yucatán, severamente deprimida por la proliferación de las actividades humanas. En El Zapotal, inagotable fuente de sorpresas, los estudios enriquecen nuestros conocimientos sobre la diversidad biológica de la península, y los esfuerzos de conservación garantizan que al menos una porción de ésta podrá ser disfrutada por las futuras generaciones.

Venado cola blanca (*Odoicoleus virginianus*)

Foto: © PPY/FWZ/IE-UNAM

*Pronatura Península de Yucatán, A.C.
jcfaller@pronatura-ppy.org.mx

Luis Medrano González[1, 2], Eduardo Peters Recagno[3],
María de Jesús Vázquez Cuevas[2] e Hiram Rosales Nanduca[2]

LOS MAMÍFEROS MARINOS ANTE EL CAMBIO AMBIENTAL EN EL PACÍFICO TROPICAL MEXICANO



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*).
Foto: © Patricio Robles Gil

En la lucha por proteger la naturaleza, los mamíferos marinos tienen un lugar preponderante, pero persiste la posición de conservar estos animales por encima de otras consideraciones sociales y biológicas importantes. Ante esto, muchos consideran que su protección conlleva la de los ecosistemas en los que viven y los han abanderado como emblemas para cuidar la vida en los océanos. Sin embargo, este principio todavía tiene pocos fundamentos prácticos y científicos. Sabemos que los mamíferos marinos se alimentan de organismos que ocupan diferentes sitios en la cadena alimenticia, por ello su biología puede reflejar algunos aspectos del flujo de materiales y energía de los ecosistemas marinos. Sabemos también que sus altas capacidades de regulación fisiológica, dispersión, aprendizaje y sociabilidad les permite aclimatarse a los cambios ambientales en el término de la propagación cultural de conductas aprendidas. Por lo tanto, los mamíferos marinos tienen el potencial de proveer información sobre la funcionalidad de los ecosistemas marinos en diferentes escalas espaciales, de tiempo y de complejidad fenomenológica, pero esta potencialidad y sus buenas consecuencias en la conservación de la vida en el mar están aún por probarse.

En México, muchos temas de conservación de mamíferos marinos tienen fuertes implicaciones sociales y económicas, y atenderlos reclama desarrollar la investigación sobre estos animales y sobre su relación con la conservación de la vida marina. En el corto plazo, probablemente el problema más apremiante para los mamíferos marinos es su interacción con las pesquerías, aunque el turismo representa una alteración considerable y creciente de su hábitat, el ruido y el acoso de las embarcaciones provocan cambios en los hábitos de estos animales, particularmente en los relacionados con la reproducción. Además, el turismo impulsa el desarrollo urbano en las costas con el consecuente impacto ambiental de la contaminación química y microbiológica, la alteración del flujo de materiales entre los ecosistemas terrestres y el océano y el tránsito marítimo de diversos tipos. Sumado a esto, los mamíferos marinos pueden amplificar algunas alteraciones ambientales, como la contaminación microbiológica, porque su alta movilidad los convierte en dispersores potenciales de patógenos.

La mastofauna marina de México

En aguas de la zona económica exclusiva de México, viven entre 45 y 49 especies de mamíferos de los órdenes Cetacea (ballenas, cachalotes, zifios, delfines y marsopas; entre 37 y 41 especies), Carnivora

Riqueza de mamíferos marinos en el Pacífico mexicano y aguas adyacentes.

(lobos marinos, focas y nutrias; 7 especies) y Sirenia (manatíes; 1 especie). Los cetáceos representan poco menos de 50% de las especies de este orden en el mundo y casi 8% de las 496 especies de mamíferos de México. Esta riqueza en los mares de nuestro país, particularmente en el Pacífico, deriva de la confluencia de corrientes frías y cálidas, una oceanografía dinámica y una topografía del fondo marino compleja que favorece una alta productividad en algunas zonas, así como la ocurrencia conjunta de especies tropicales, de aguas templadas y de aguas frías. En la anterior cuenta de la mastofauna marina de México están incluidas la nutria marina (*Enhydra lutris*) que se extinguió por cacería excesiva en las aguas de Baja California al inicio del siglo XX y la foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*) de la cual no se observan ejemplares libres desde 1952. Actualmente, están en riesgo de extinción el manatí (*Trichechus manatus*), cazado desde tiempos prehispánicos y cuyos hábitats en la actualidad están muy reducidos y perturbados, y la vaquita (*Phocoena sinus*), endémica de una pequeña región en el Alto Golfo de California. De la última, se estima que una población de aproximadamente 300 individuos enfrentan una alta mortalidad por la pesca artesanal y un ambiente en degradación, hasta hoy no estudiado, por el uso del Río Colorado para la agricultura en los Estados Unidos de América. Otras especies con problemas importantes de conservación en México son el delfín moteado pantropical (*Stenella attenuata*) y el delfín tornillo (*Stenella longirostris*), que mueren en la redes de cerco para la pesca del atún aleta amarilla en el Pacífico Oriental tropical, el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), que se consideró extinto a principios del siglo XX y ahora muestra una recuperación pero se reproduce sólo en las Islas Guadalupe y San Benito, y finalmente, el lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y la tonina (*Tursiops truncatus*), que en toda su distribución en México tienen interacciones nocivas con las pesquerías y los desarrollos urbanos e industriales en las costas. Ambas especies se han capturado para su exhibición en cautiverio y, por su amplia distribución y abundancia, son vectores potenciales de la propagación de patógenos en el medio marino.

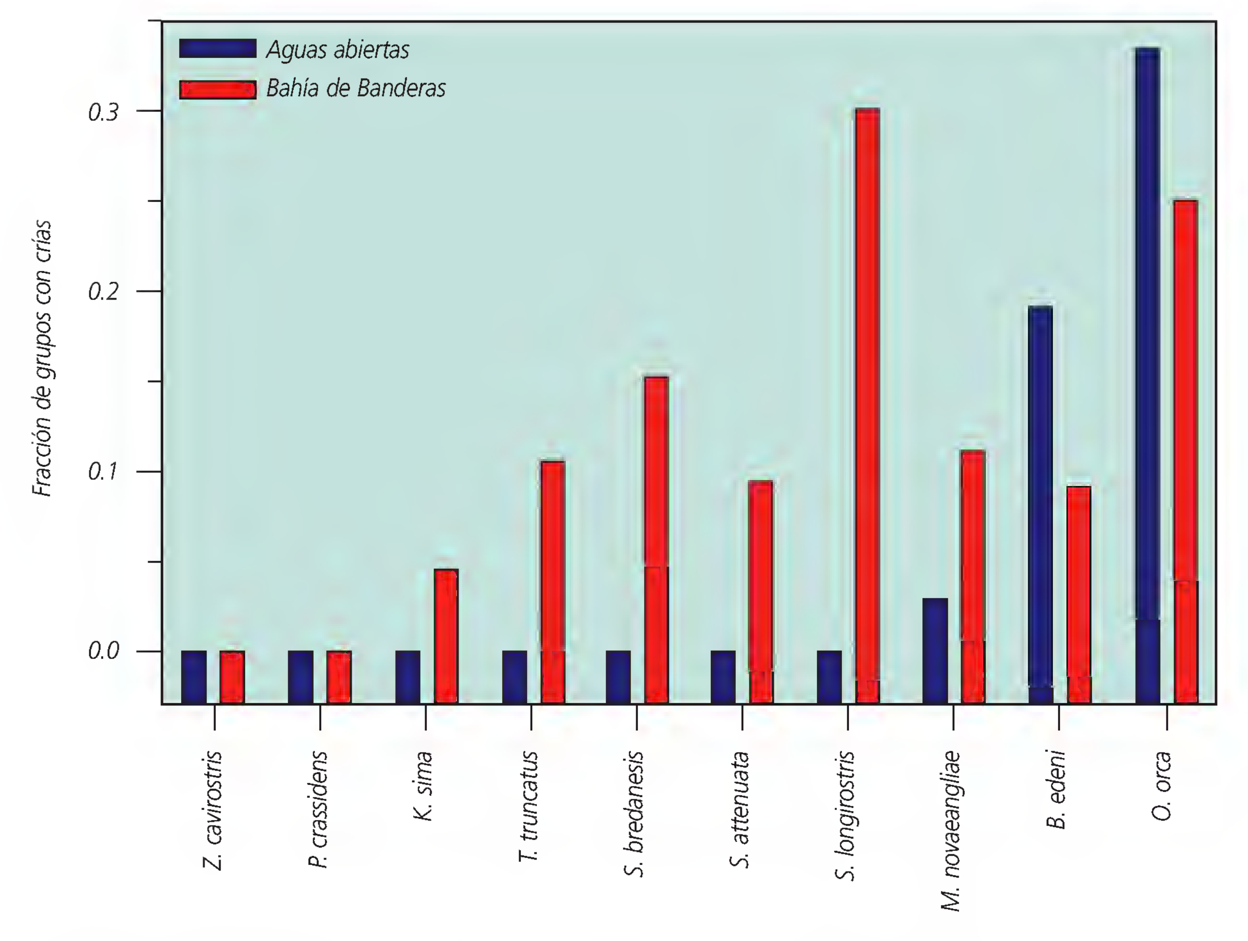
El Pacífico Oriental tropical

Delimitado por la desviación de la corriente de California hacia el suroeste, cerca de la Bahía Magdalena, el Pacífico tropical mexicano se considera una provincia de la región biogeográfica del Pacífico Oriental tropical, cuyos límites son las corrientes de Humboldt y de California. El Golfo de California se considera una provincia aparte. El Pacífico Oriental tropical tiene características oceanográficas particulares que favorecen la existencia de una diversidad biológica inusualmente alta en zonas pelágicas tropicales y lo cual incluye una gran variedad y abundancia de mamíferos, aves y tortugas marinas. Como es una zona de transición oceanográfica, el Pacífico tropical mexicano tiene gran relevancia biogeográfica, en sus aguas ocurren importantes procesos de dispersión y fragmentación de las poblaciones.

En el Pacífico tropical mexicano viven varios pequeños cetáceos, es



Tonina (*Tursiops truncatus*)
Foto © Hiram Rosales



Ocurrencia de avistamientos de algunos cetáceos con crías en aguas abiertas del Pacífico mexicano y en la Bahía de Banderas.
Medrano González *et al.* (2006)

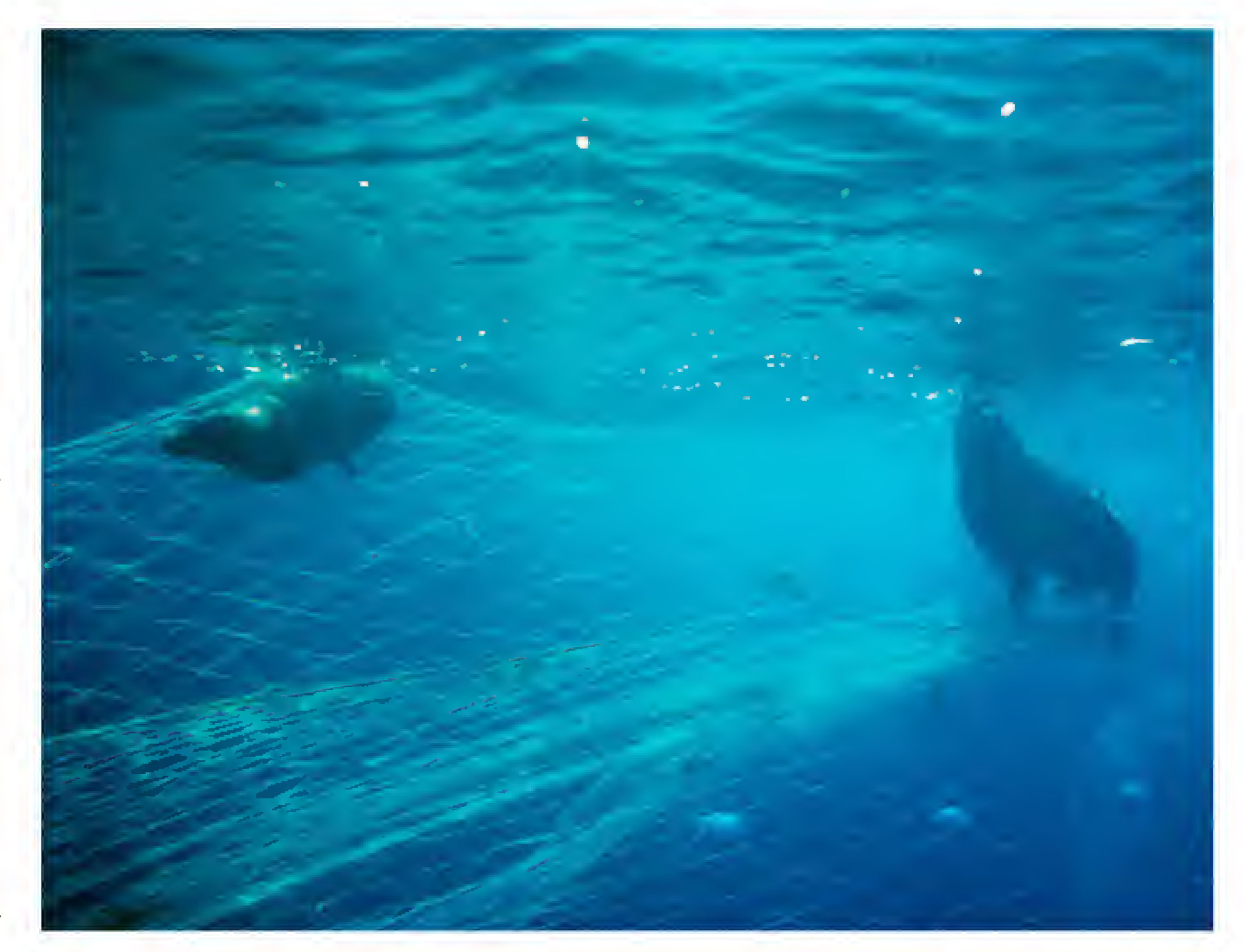
zona de tránsito para misticetos como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), que viaja entre las aguas del Domo de Costa Rica, el Golfo de California y la costa occidental de los Estados Unidos, también es área de alimentación para lobos marinos y el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) y de migración y reproducción de la ballena jorobada. Esta región es importante en la definición de la estructura filogeográfica global de la ballena jorobada porque, a través de sus sitios de reproducción, ha ocurrido un flujo génico entre las poblaciones de los hemisferios Norte y Sur, lo cual mantiene la unidad evolutiva de la especie en el mundo. Otra zona filogeográficamente importante es la boca del Golfo de California, límite boreal de la distribución del delfín moteado y en donde se produce un flujo génico entre la subespecie costera (*S. a. graffmani*) y la oceánica (*S. a. oceanica*) de este delfín. En el Pacífico Oriental tropical, la identidad taxonómica y la estructura poblacional de la tonina son diferentes a las de otras regiones del mundo, donde se distinguen geográfica, ecológica, morfológica y genéticamente una forma oceánica y otra costera. En la región del Pacífico, la morfología de los tipos de toninas es variable por lo que su distribución es difícil de definir; tampoco se ha encontrado diferenciación genética entre estos tipos como resultado de lo que aparenta ser una larga e irregular historia de flujo génico. En la Bahía de Banderas se han detectado tres formas de toninas que se distinguen morfológicamente, así como por su distribución, reproducción y patrones de dispersión. Estas formas pueden derivar de los tipos costero y oceánico típicos más la aparición de un tipo costero altamente especializado derivado de la forma costera o un tipo costero secundario derivado de la forma oceánica.

La Bahía de Banderas es un hábitat crítico para la crianza de algunos mamíferos marinos y al formar parte de la zona de transición oceanográfica, adquiere relevancia en una amplia escala geográfica y poblacional. Por ejemplo, las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas tienen una densidad 15 veces mayor a la de aguas abiertas del Pacífico tropical y boca del Golfo de California, hay crías en una proporción poco mayor del doble y, sobre todo, actividades de crianza y apareamiento que prácticamente no se observan en aguas abiertas. Lamentablemente, también hay indicios de efectos antropogénicos negativos en la reproducción y distribución de estas ballenas y de otros mamíferos de la zona como el cachalote enano (*Kogia sima*), que es una especie rara y poco conocida pero que allí ha establecido una pequeña población con una distribución reducida y amenazada por el creciente tránsito marítimo. Para fines de investigación y conservación, la Bahía de Banderas puede considerarse como un laboratorio natural único, que permite estudiar procesos ecológicos y evolutivos de una escala geográfica mayor.

Mastofauna marina y cambio ambiental

Varias especies de mamíferos marinos del Pacífico Oriental tropical comparten algunos aspectos de su historia, en la cual su estructura poblacional se ha conformado por cambios de distribución y fraccionamiento asociados al cambio climático durante las últimas dos glaciaciones. Los mamíferos marinos cambian sus distribuciones como contracciones y expansiones en intervalos amplios de condiciones ambientales más que como desplazamientos circunscritos a condiciones restringidas. Tales cambios de distribución han ocurrido por la dispersión en la relativa homogeneidad y dinamismo del medio pelágico en el que los mamíferos se mueven buscando hábitats preferidos. Por otro lado, han fragmentado sus poblaciones debido al establecimiento de grupos prácticamente aislados con distribución restringida en los ambientes costeros que son a la vez heterogéneos y relativamente estables.

En el Pacífico Nororiental se han reconocido tres patrones de respuestas poblacionales ante la



Lobos marinos atrapados en una red en el Golfo de California.

alternancia de glaciaciones y periodos interglaciales. Las especies tropicales (como *S. attenuata*) tienden a dispersarse y a ser más abundantes durante los periodos de calentamiento mientras que las especies de aguas templadas y frías (como los delfines comunes, *Delphinus spp.*) restringen su distribución y su abundancia. Durante los periodos interglaciales, ambos tipos de especies fragmentan sus poblaciones.

Actualmente, en el Pacífico tropical mexicano ocurren cambios drásticos por diversas actividades humanas, por lo que es preciso saber cómo el calentamiento de la biosfera, que declinará la productividad marina, en combinación con otros efectos negativos de los humanos, pueden potenciar el riesgo de extinción de poblaciones fragmentadas en una región de transición oceanográfica relevante para la estructura filogeográfica de las especies. Existen evidencias de que algunos mamíferos marinos con distribuciones geográficas limitadas, o que dependen de hábitats críticos que están desapareciendo, son particularmente vulnerables ante los efectos negativos del cambio climático. En esta situación se encuentran mamíferos de regiones polares como la ballena de bonete (*Balaena mysticetus*), pero también puede ser el caso no aparente ni estudiado de las fragmentadas y perturbadas poblaciones costeras de mamíferos marinos tropicales.

Ahora la sobreexplotación de los ecosistemas marinos es creciente en intensidad, cobertura geográfica y diversidad biológica utilizada. Por ser tan extensos, dinámicos, abiertos y fuertemente interdependientes, estos ecosistemas no pueden protegerse con esfuerzos aislados, su manejo no debería basarse en disposiciones para elementos individuales, como los recursos pesqueros, sino en una conservación integral de sitios que deben caracterizarse y priorizarse. Un aspecto importante del actual calentamiento del clima es que presenta variaciones cada vez más extremas y por lo tanto, ocurren catástrofes ecológicas con frecuencia y magnitud crecientes. Algunos estudios han demostrado que los ecosistemas marinos son más resistentes ante fuertes cambios ambientales si es alta la diversidad genética de algunas especies clave. Entonces, se debe estudiar y conservar la diversidad genética como parte de la diversidad biológica, además de mantener un constante monitoreo de especies ecológica o informativamente importantes. Los mamíferos son una porción relativamente pequeña de la biomasa marina pero consumen una gran cantidad de alimento, por lo que pueden representar buena parte del flujo biológico de materiales y energía en los océanos. Su importancia en los ecosistemas se ha estudiado poco, está sujeta a controversia y es aparentemente muy variable en diferentes regiones, pero su variación genética puede reflejar cambios históricos del ambiente en escalas geográficas amplias. Todo lo anterior indica que la investigación en la ecología y genética de estos animales debe intensificarse, tanto en la perspectiva de enfrentar la crisis ambiental de los océanos como la de conocer estos animales y conservarlos *per se*.

[1]Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, lmg@hp.fciencias.unam.mx
[2]Facultad de Ciencias, UNAM
[3]Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.



Escultura monumental de ballena jorobada del artista Octavio González en Puerto Vallarta.

Foto: © Patricio Robles Gil

Omar Domínguez Domínguez[1] y Gerardo Pérez-Ponce de León[2]

LOS GOODEIDOS, PECES ENDÉMICOS DEL CENTRO DE MÉXICO

Rodeada casi completamente por sistemas montañosos, la Mesa Central de México es uno de los altiplanos tropicales más extensos del planeta, y está considerada por el Word Conservation Monitoring Center como una de las regiones más importantes en el mundo para la conservación de los peces de agua dulce. Allí se encuentra la principal zona de humedales dulceacuícolas del país con una diversidad única de peces, se han encontrando especies representativas de la fauna neártica (Ictaluridae y Cyprinidae), neotropical (Poecilidae y Cichlidae) y endémicas (Atherinopsidae y Goodeinae). De las aproximadamente cien especies nativas, 70% son endémicas.

La inusual diversidad de peces en el centro de México está ligada con una serie de grandes cambios geológicos y climáticos que generaron un complejo sistema hidrológico. Otro factor importante, en la conformación y diversificación de la ictiofauna, es la histórica explotación de los recursos naturales en la región. Dentro de los límites de la Mesa Central vive aproximadamente 70% de la población del país, está 67% de la industria y tan sólo 20% del agua superficial. Todo ello sugiere que además de entender la complejidad biológica, se tiene la obligación de preservarla para las futuras generaciones.

Un tesoro natural

Uno de los grupos de peces más representativos de esta región es la familia Goodeidae, conformada aproximadamente por 21 géneros y 45 especies. Relacionada evolutivamente con el género *Profundulus*, un grupo de peces que habitan las zonas altas del sur de México y de América Central, los Goodeidae están divididos en dos subfamilias: Empetrichthynae y Goodeinae. La primera la conforman dos géneros, *Empetrichthys* y *Crenichthys* y cuatro especies distribuidas en la región del Valle de la Muerte y de Nevada, al este de los Estados Unidos. Mientras que la segunda, está representada por aproximadamente 41 especies contenidas en 19 géneros restringidos a la Mesa Central de México y algunas regiones adyacentes. Por la vertiente del Pacífico, la subfamilia Goodeinae se distribuye en las cuencas de los ríos Aguanaval y San Pedro-Mezquital en el Norte, su límite sur es la cuenca del Río Balsas, mientras que en la vertiente Atlántica sólo se encuentran en las partes altas de las cuencas de los ríos Salado y Pánuco. Se les considera un tesoro natural porque tienen adaptaciones únicas asociadas con sus peculiares estrategias de reproducción y de desarrollo embrionario.

La primera es la fertilización interna. Los machos presentan una modificación en la aleta anal en forma de lóbulo copulatorio, llamado espermatopodio, que juega un papel crucial en la transferencia al interior de la hembra del paquete espermático (una pequeña bolsa que, cuando aprietan el espermatopodio contra la abertura genital de la hembra, es expulsada por un órgano muscular interno en forma de anillo). El estrecho contacto que implica lograr la exitosa fertilización en los Goodeidos promovió la aparición de estrategias de selección sexual ampliamente discutidas



Dos machos de la especie *Xenotoca variata* de la localidad de Jesús María, en la región del Río Pánuco.

Fotos: © Juan Carlos Merino

como una de las posibles causas que permitieron la diversificación de este grupo. Entre ellas, la marcada diferencia entre las formas de las hembras y los machos en algunas de las especies, así como un elaborado cortejo que involucra complejas exhibiciones de movimientos y danzas por parte de los machos.

Pero quizá su característica más distintiva es su forma de nutrición embrionaria, llamada matotrofia. Los embriones tienen una estructura especializada para obtener nutrientes y macromoléculas (lípidos y proteínas) y para el intercambio gaseoso con la hembra. Esta estructura, conocida como trofotenia, se forma en la parte ventral a la altura del ano una vez que el embrión es expulsado hacia el lumen del ovario, donde completa su desarrollo. Sus formas y tamaños dependen de la especie, incluso algunas pueden carecer de ella, al menos aparentemente, como *Ataenobius toweri*). Las crías de los Goodeidos nacen completamente desarrolladas, lo que les confiere importantes ventajas, como una mayor probabilidad de sobrevivencia, pero presentan la desventaja de que el número de descendientes es mucho menor que en los peces ovíparos.

La magnitud de la amenaza

Al igual que la mayor parte de la fauna acuática que habita en cuerpos de agua del centro de México, esta subfamilia está en grave riesgo de desaparecer, de hecho es considerada como uno de los grupos de peces con mayor riesgo de extinción en el mundo. Aunque están presentes en gran parte de la Mesa Central, sus intervalos de distribución en cuanto a especie se refiere son muy restringidos, se han encontrado especies microendémicas que habitan en pequeños manantiales o en tramos de diminutos arroyos de montaña (como *Chapalichthys pardalis*, *Zoogoneticus tequila* y *Allotoca zacapuensis*). Por otra parte, algunos estudios revelaron la fuerte estructuración y diferenciación genética que existe entre las poblaciones de ciertas especies de amplia distribución, como *Zoogoneticus quitzeoensis*, *Xenotoca variata* y *Alloophorus robustus*.

Estas características están seriamente amenazadas por una grave problemática ambiental. El sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago, enclavado en el Cinturón Volcánico Transmexicano, presenta uno de los mayores volúmenes de extracción de agua del país, tanto de aguas subterráneas como superficiales; al mismo tiempo, la cuenca del río Lerma sustenta una de las economías más significativas del país, con una gran cantidad de industrias y zonas agropecuarias en sus márgenes. Por eso representa una de las cuencas más contaminadas e impactadas en el mundo. Irónicamente, el sistema hidrológico del río Lerma que es uno de los más importantes para la diversidad ictiológica del país, alberga el mayor número de especies de Goodeidos (16 especies) y tiene una de las mayores tasas de endemismo de peces, que globalmente alcanza 66%. Pero además de la sobreexplotación y la contaminación, existen otros factores que contribuyen al deterioro de

La Mesa Central de México y regiones adyacentes.

Sierra Madre Occidental
Mesa del Norte
Sierra Madre Oriental
Mesa Central
Escarpados del Sur
Depresión del Balsas-Tepeyac
Oceano Pacífico
50 0 50 100 Kilometers
N
A

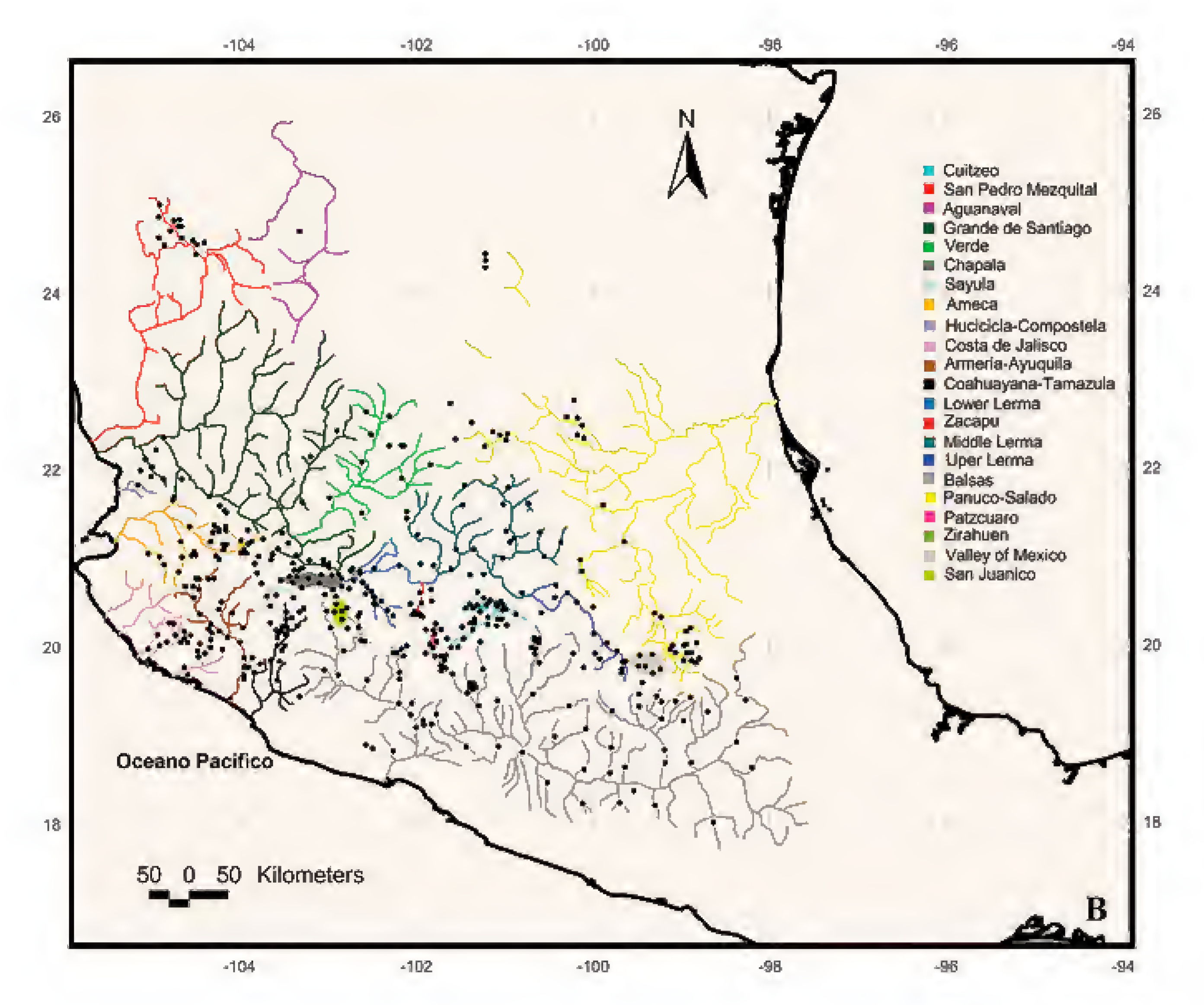
Cuitzeo
San Pedro Mezquital
Aguanaval
Grande de Santiago
Verde
Chapala
Sayula
Ameca
Huicicila-Compostela
Costa de Jalisco
Armeria-Ayuquila
Coahuayana-Tamazula
Lower Lerma
Zacapu
Middle Lerma
Uper Lerma
Balsas
Panuco-Salado
Patzcuaro
Zirahuen
Valley of Mexico
San Juanico

La línea sólida se refiere al Altiplano Superficial, la línea punteada a las fronteras de la Mesa Central y Mesa del Norte, en colores se muestran las regiones donde se pueden encontrar especies de Goodeidos.

Fuente: West, 1964



Chrenichthys baileyi especie de Goodeido ovípara.



Los puntos negros representan los sitios donde se ha colectado al menos una especie de Goodeido desde 1930.

Fuentes: Museo de Zoología de la Universidad de Michigan, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Domínguez-Domínguez *et al*, 2006.

los ecosistemas acuáticos e impactan negativamente en su flora y fauna. Destacan la deforestación de las cuencas, la introducción de especies exóticas (y sus parásitos) y la modificación del hábitat.

Desafortunadamente, en unos casos el impacto ambiental es tal que algunas especies de Goodeidos se han reportado extintas, como *Characodon garmani* y *Skiffia francesae*, aunque de la última aún se mantienen organismos en cautiverio, otra se considera como posiblemente extinta o al borde de la extinción (*Zoogoneticus tequila*) y varias con un alto riesgo (como *Ameca splendens, Allotoca goslinae, Allotoca maculata* y *Allodontichthys polylepis*). Las cinco últimas son habitantes de la cuenca del río Ameca en el estado de Jalisco, donde la contaminación del agua por fertilizantes agrícolas, la desecación, la introducción de especies exóticas y la fragmentación del hábitat por la construcción de embalses, son las principales causas de deterioro. En otras cuencas del centro de México se ha documentado el impacto de la actividad humana y sus efectos en la reducción o desaparición de las poblaciones de peces que ahí habitan, como en los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén y Chapala, donde habitan diversas especies de Goodeidos. Oficialmente, de las 185 especies de peces enlistadas en alguna de las categorías de conservación, 14 pertenecen a la familia Goodeidae, entre ellas 2 se consideran extintas en la naturaleza, 8 en peligro y 4 amenazadas. Sin embargo, datos obtenidos por distintas instituciones de investigación mostraron que la Norma Oficial Mexicana-059 está muy lejos de reflejar la magnitud del problema ambiental. En una publicación reciente, que toma en cuenta una gran cantidad de datos históricos y actuales de los peces de la subfamilia Goodeinae, se concluyó que 2 especies están extintas en la naturaleza (una con poblaciones en cautiverio), 17 en peligro crítico (una posiblemente extinta), 5 en peligro, 2 amenazadas, 11 vulnerables y únicamente 3 en bajo riesgo. En otro trabajo, donde se emplea un método de modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de las especies y que se publicó en diciembre del 2006 en la revista *Conservation Biology*, los datos reflejan una perspectiva pesimista para la conservación en el largo plazo de los Goodeidos en su ambiente natural. También mostraron que más del 60% de sus especies han sufrido extinciones en más del 50% de las localidades donde se tiene registro histórico de su presencia. Otro estudio, publicado en febrero del 2007 en la misma revista, expuso el grave impacto de la brutal desecación de un importante número de cuerpos de agua en el país, realizada entre los siglos XIX y XX con fines agrícolas, en la diversidad genética de la especie *Zoogoneticus quitzeoensis*, así como los efectos de la contaminación y la fragmentación de hábitats en la erosión genética de sus poblaciones. Además, se identificaron unidades operativas de conservación para esta especie, a partir de datos genéticos, ambientales, ecológicos y sociales. En ambos trabajos se evidencia la incapacidad del actual sistema nacional de áreas naturales protegidas para resguardar áreas con una alta riqueza de especies de Goodeidos y, más aún, la riqueza genética de muchas de sus poblaciones.



Macho y hembra de *Xenotoca eiseni* de la localidad de Tamazula en la región del Río Coahuayana-Tamazula .

Esta enorme diferencia de resultados entre los datos oficiales y los científicos en sólo 42 de las 520 especies de peces dulceacuícolas de México, y en el sistema de áreas naturales protegidas, pone de manifiesto la discrepancia entre el sector académico y el gubernamental. La falta de integración entre ambos sectores resulta en el decremento de las posibilidades de conservación de la gran riqueza biológica de México y, en particular, de este tesoro nacional: los Goodeidos mexicanos.



Macho y hembra de *Xenoophorus captivus* de la localidad de Jesús María en la región del Río Pánuco. La flecha indica el espermatopodio del macho.

Algunas estrategias de conservación

La conservación de los Goodeidos parece una tarea compleja. El conocimiento generado no es suficiente, porque mientras continúe el uso irracional de los recursos naturales, que favorece el desarrollo de las actividades humanas sin importar el costo ambiental, la posibilidad de encontrar éstos y otros organismos en nuestros cuerpos de agua es cada vez más escasa.

No es un asunto trivial, sobre todo en un país como México con una seria problemática política, social y económica. Pero aunque sean complejas, deben impulsarse medidas realistas e inmediatas de conservación, como la identificación de áreas claves de conservación de la diversidad biológica. Sin embargo, para que los programas sean efectivos, deben cumplir con los requerimientos biológicos y con una serie de demandas de los ámbitos político, social, cultural y ambiental. Por esto, es una tarea que tiene que abordarse de manera multidisciplinaria, mientras que la necesidad de aplicar acciones de conservación y restauración de hábitats y especies es urgente e impostergable.

Los programas de mantenimiento en cautiverio (conservación *ex situ*) han demostrado su efectividad para evitar la extinción de los Goodeidos. Sin embargo, representan una medida parcial de corto plazo. En el largo plazo, la conservación es compleja y requiere mucha información y recursos en todos los aspectos, un primer objetivo sería lograr su conservación en el mediano plazo con programas de restauración de hábitats y de identificación de áreas claves que cumplan al menos algunos de los siguientes requisitos: ser lo suficientemente extensas y estables como para mantener poblaciones grandes de Goodeidos y evitar la depresión genética, pero a su vez, que ocupen la menor extensión posible para facilitar su manejo y adecuada protección; contener de manera natural el mayor número de especies nativas y el menor de exóticas; que las poblaciones nativas sean genéticamente diversas y saludables; contar con suficiente apoyo político y social; y por último, que la influencia directa de las alteraciones en la cuenca de captación produzcan el menor impacto posible en el cuerpo de agua. Existen áreas que al menos cumplen parcialmente con esto, son los grandes manantiales distribuidos en toda la Mesa Central que sirven como refugio para un importante número de especies cuando los cuerpos de agua de sus alrededores se han contaminado. Entre ellos, algunos se han declarado parques urbanos, regionales o municipales, como la Laguna de Zacapu en Michoacán; otros se encuentran protegidos por su uso como área recreativa o por estar rodeados de tierras en propiedad privada, como los manantiales de Los Berros en Durango y los Veneros en Jalisco, o como Xochimilco en el Distrito Federal, cuyo plan de restauración ya está en proceso. Al mismo tiempo, otros ecosistemas continúan sufriendo el uso irracional de sus recursos biológicos, la continua introducción de especies exóticas como carpas, lobinas y tilapias, la desmedida extracción de agua subterránea y la imposibilidad de las autoridades de hacer cumplir la ley. Como ejemplos, están los manantiales de La Media Luna en San Luis Potosí, los de la Luz, Orandino, la Mintzita y Camécuaro en Michoacán, o el de San Francisco del Rincón en Guanajuato.

Las referencias bibliográficas pueden ser solicitadas directamente a los autores.

[1]Facultad de Biología, UMSNH, Morelia, Michoacán, goodeido@yahoo.com.mx
[2]Instituto de Biología, UNAM

Anfibios y reptiles del estado de Chihuahua, México

La compleja topografía del estado de Chihuahua representa barreras importantes para la distribución de la herpetofauna: la Sierra Madre Occidental impide el libre flujo de especies entre Chihuahua y Sonora, asimismo evita que la fauna que habita al este en el Desierto de Chihuahua pueda ocupar el extremo oeste del estado. Por su parte, el extremo suroeste de la sierra se caracteriza por formar barrancas profundas que llegan a los 250 m de altitud, en ellas habitan especies con afinidades tropicales que probablemente llegaron a estos lugares a través de los afluentes del río El Fuerte.

Este libro cuenta con un listado de la herpetofauna conocida del estado de Chihuahua, cada especie tiene una ficha informativa que contiene datos como nombres común y científico, identificación, morfología, coloración, distribución, hábitat, conducta, alimentación, depredadores, taxonomía, etimología y *status* de protección. También tiene fotografías en color de muchas de las especies que se describen. La publicación de esta obra estuvo a cargo de Julio A. Lemos Espinal y Hobart M. Smith con el patrocinio de la UNAM y la CONABIO.







Si deseas adquirirlo escribe a:
cendoc@xolo.conabio.com.mx

Fe de erratas:
En la última línea de la primera columna de la página 3 de *Biodiversitas* 74 donde dice hibernación, debe decir sitio donde pasan el invierno.

La CONABIO te invita a consultar sus acervos bibliográfico y de imágenes relacionados con la biodiversidad. Para mayor información llama al teléfono 5004 4972 o consulta la página web <www.conabio.gob.mx>.



COMISIÓN NACIONAL
PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

SECRETARIO TÉCNICO: Juan Rafael Elvira Quesada
COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIA EJECUTIVA: Ana Luisa Guzmán
DIRECTORA DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS: María del Carmen Vázquez

Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2005-040716240800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE: Fulvio Eccardi Ambrosi
DISEÑO: Renato Flores
ASISTENTES: Thalía Iglesias, Leticia Mendoza
CUIDADO DE LA EDICIÓN: Didier Héctor
IMPRESIÓN: Litoprocess impresos
PRODUCCIÓN: Gaia Editores, S.A. de C.V.

biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004-5000, fax 5004-4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos